

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10115727  
PUBLICATION DATE : 06-05-98

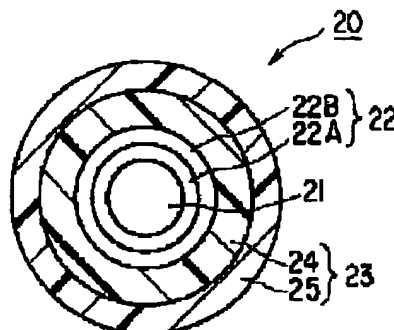
APPLICATION DATE : 19-08-97  
APPLICATION NUMBER : 09222479

APPLICANT : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;

INVENTOR : AKASAKA YOICHI;

INT.CL. : G02B 6/16 G02B 6/10 G02B 6/44

TITLE : DISPERSION COMPENSATING  
OPTICAL FIBER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the dispersion compensating optical fiber which can be wound around a compact, small-diameter coil with a small space occupation quantity and suppress an increase in polarized wave dispersion.

SOLUTION: This optical fiber 20 is connected to an optical fiber which has wavelength dispersion at transmission wavelength to cancel the said wavelength dispersion, thereby substantially or nearly eliminating the wavelength dispersion of the whole transmission system at the transmission wavelength. In this case, the optical fiber is equipped with a core 21 formed of quartz-based glass, a clad 22 which is formed of quartz-based glass around the core 21, and a coating layer 23 formed of plastic resin around the clad 22, and also has a small external diameter less than 250 $\mu$ m. The coating layer 23 is  $\geq 20\mu$ m thickness and has a multilayered structure consisting of  $\geq 2$  layers including an internal layer 24 and an external layer 25 which has a larger Young's modulus than the internal layer 24.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-115727

(43)公開日 平成10年(1998) 5月6日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16

G 0 2 B 6/16

6/10

6/10

6/44

3 3 1

6/44

C  
3 3 1

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-222479

(22)出願日 平成9年(1997) 8月19日

(31)優先権主張番号 特願平8-218713

(32)優先日 平8(1996) 8月20日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)発明者 杉崎 隆一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72)発明者 神谷 保

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72)発明者 赤坂 洋一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

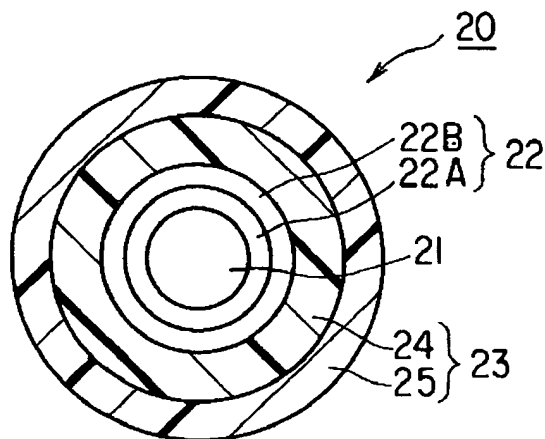
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外3名)

(54)【発明の名称】 分散補償光ファイバ

(57)【要約】

【課題】 空間占有量の少ないコンパクトな小径コイルに巻き付け可能であり、かつ偏波分散の増加を抑えることが可能な分散補償光ファイバを提供することを目的とする。

【解決手段】 伝送波長において波長分散を有する光ファイバに接続して、前記波長分散を相殺し、伝送波長における伝送システム全体の波長分散を実質的に零にする、または零に近づけるための分散補償光ファイバであって、石英系ガラスからなるコアと、このコアの外周に形成された、石英系ガラスからなるクラッドと、このクラッドの外周に形成されたプラスチック樹脂からなる被覆層とを具備するとともに250 $\mu$ mより小さい外径を有し、前記被覆層は、20 $\mu$ m以上の厚さを有し、内層とこの内層よりも高いヤング率の外層とを含む少なくとも2層以上の多層構造を有することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送波長において波長分散を有する光ファイバに接続して、前記波長分散を相殺し、伝送波長における伝送システム全体の波長分散を実質的に零にする、または零に近づけるための分散補償光ファイバであって、石英系ガラスからなるコアと、このコアの外周に形成された、石英系ガラスからなるクラッドと、このクラッドの外周に形成されたプラスチック樹脂からなる被覆層とを具備するとともに250 $\mu\text{m}$ より小さい外径を有し、前記被覆層は、20 $\mu\text{m}$ 以上の厚さを有し、内層とこの内層よりも高いヤング率の外層とを含む少なくとも2層以上の多層構造を有することを特徴とする分散補償光ファイバ。

【請求項2】 前記クラッドの外径が80～125 $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項3】 前記被覆層の厚さが、20～125 $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項4】 前記内層のヤング率は0.2kgf/mm<sup>2</sup>以下であり、前記外層のヤング率は40kgf/mm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする請求項1に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項5】 前記被覆層は2層構造を有し、前記内層の厚さは14～40 $\mu\text{m}$ であり、前記外層の厚さは6～25 $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1に記載の分散補償光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、正の波長分散を有する光ファイバに接続して、その光ファイバの波長分散をほぼ零にする負の波長分散を有する分散補償光ファイバに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信伝送路として現在一般に敷設されている光ファイバは、1.3 $\mu\text{m}$ の波長で零分散の単一モード光ファイバである。これらの既に敷設されている単一モード光ファイバを光通信網の大容量化を図るために、1.55 $\mu\text{m}$ の波長の光で高速通信を行うことが検討されている。

【0003】この1.3 $\mu\text{m}$ の波長で零分散の単一モード光ファイバは、1.55 $\mu\text{m}$ の波長付近において、符号が正で値が17ps/nm/km程度の波長分散があるため、1.55 $\mu\text{m}$ の波長の光を使用する場合は、このような分散補償手段が必要になる。

【0004】分散補償の実用的な方法として、光ファイバ伝送路に負の高分散光ファイバを挿入して分散を相殺する方法がある。この方法は、光ファイバの屈折率構造を適切に選択すると、構造分散が負でかつ絶対値が大きくなることを利用している。

【0005】この方法を用いた具体的な分散補償構造の一つが、特開平6-11620号公報に開示されている。この公報に開示されている負の高分散を有する分散補償光ファイバは、屈折率を除けば通常の光ファイバと同様の構造である。この分散補償光ファイバを直列に光ファイバ伝送路に挿入するだけで、単一モード光ファイバの波長分散に対し、簡便に分散補償を行うことが可能となる。

【0006】分散補償光ファイバはかなり長尺であるので、通常、コイル状に巻いてパッケージにして伝送装置に組み込んで使用される。伝送装置に組み込む際には、コンパクトなパッケージにするのが、取り扱い上から都合が良い。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、長尺の光ファイバを巻いた場合、コイルの占有する大きさは光ファイバの体積（断面積×ファイバ長）と空隙率に依存するので、光ファイバ断面積すなわち直径が太いと大きなコイルになってしまい、伝送装置内にコンパクトに納めることができないという問題が生じる。

【0008】もう一つの問題として、偏波分散がある。光ファイバの巻付け径を小さくすると、巻き直径の2乗に反比例して偏波分散が大きくなってしまふ。分散補償光ファイバは、単一モード光ファイバの波長分散を補償し、高速通信を可能にすることを目的とするものであるが、偏波分散が増大してしまうと、波長分散を補償しても、偏波分散により伝送信号の波形が乱れてしまう。この結果分散補償光ファイバのコンパクト化が阻害される。

【0009】本発明の目的は、空間占有量の少ないコンパクトな小径コイルに巻き付け可能であり、かつ偏波分散の増加を抑えることが可能な分散補償光ファイバを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明（請求項1）は、伝送波長において波長分散を有する光ファイバに接続して、前記波長分散を相殺し、伝送波長における伝送システム全体の波長分散を実質的に零にする、または零に近づけるための分散補償光ファイバであって、石英系ガラスからなるコアと、このコアの外周に形成された、石英系ガラスからなるクラッドと、このクラッドの外周に形成されたプラスチック樹脂からなる被覆層とを具備するとともに250 $\mu\text{m}$ より小さい外径を有し、前記被覆層は、20 $\mu\text{m}$ 以上の厚さを有し、内層とこの内層よりも高いヤング率の外層とを含む少なくとも2層以上の多層構造を有することを特徴とする分散補償光ファイバを提供する。

【0011】このように、本発明の分散補償光ファイバは、石英系ガラスからなるコアと、このコアの外周に形成された、石英系ガラスからなるクラッドと、このクラ

ッドの外周に形成された樹脂からなる被覆層とを具備し、 $250\mu\text{m}$ より小さい外径を有する。

【0012】被覆層は、内層とこの内層よりも高いヤング率の外層とを含む少なくとも2層以上の多層構造を有する。外層のヤング率が内層のヤング率よりも高くない場合には、いわゆるシェル効果を得ることが出来ず、外力がガラス層に伝搬するのを防止することが出来ない。内層のヤング率は $0.01\sim 0.2\text{kgf/mm}^2$ であるのが好ましく、外層のヤング率は $40\sim 200\text{kgf/mm}^2$ であるのが好ましい。

【0013】また、被覆層が2層構造を有する場合、内層の厚さは $14\sim 40\mu\text{m}$ であるのが好ましく、外層の厚さは $6\sim 25\mu\text{m}$ であることが好ましい。なお、被覆層のうち、内層を構成する樹脂としては、アクリル系などの紫外線硬化型樹脂等を、外層を構成する樹脂としては、アクリル系などの紫外線硬化型樹脂等を用いることが出来る。

【0014】クラッドの外径は、 $80\sim 125\mu\text{m}$ であるのが好ましい。クラッドの外径が、 $80\mu\text{m}$ 未満では、損失が大きくなる傾向にあり、 $125\mu\text{m}$ を越えると、コイルの小径化が困難になる傾向にある。

【0015】本発明の分散補償光ファイバにより分散補償される光ファイバは、通常、伝送波長、例えば波長 $1.55\mu\text{m}$ において正の波長分散特性を有し、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯で零分散の単一モード光ファイバである。これに対し、分散補償光ファイバは、伝送波長、例えば波長 $1.55\mu\text{m}$ において、前記波長分散と逆符号、即ち負の分散を有し、このような分散補償光ファイバを伝送路に組み込むことにより、分散が相殺される。

【0016】負の分散を有する光ファイバは、通常の単一モード光ファイバよりもコアとクラッドの屈折率差をかなり大きくすることにより得られる。コアとクラッドの屈折率差を大きくするには、石英ガラスにより形成されたコアにゲルマニウムをドーピングしてコアの屈折率を大きくし、石英ガラスにより形成されたクラッドにフッ素をドーピングしてクラッドの屈折率を小さくすればよい。なお、クラッドを内部クラッドと外部クラッドの2層構造とし、外部クラッドをアンドープとしてもよい。

【0017】以上のように構成される本発明の分散補償光ファイバは、以下の理由により、空間占有量の少ないコンパクトな小径コイルに巻き付け可能であり、かつ偏波分散の増加を抑えることが可能な分散補償光ファイバが得られる。

【0018】すなわち、本発明の分散補償光ファイバによってコイルサイズのコンパクト化は次のように達成される。1パッケージ当たりの分散補償光ファイバのファイバ長は、被補償側の光ファイバの分散値と分散補償光ファイバの分散特性により決定される。前者は単一モード光ファイバの分散特性と中継間隔に依存する。

【0019】単一モード光ファイバの $1\text{km}$ 当たりの分

散特性は約 $17\text{ps/nm}$ であり、中継距離を、例えば $40\text{km}$ とすると、補償すべき分散量は $680\text{ps/nm}$ になる。これに対し、分散補償光ファイバの分散特性が約 $-90\text{ps/nm/km}$ であれば、必要な分散補償光ファイバ長は $7.5\text{km}$ になる。

【0020】これをコイル化して巻き上げる場合、このコイルの厚みと最外径は、光ファイバの体積と空隙率に依存する。ここで外径が $120\mu\text{m}$ から $250\mu\text{m}$ の光ファイバの空隙率は、実測したところ、ほぼ一定の $0.6$ であったので、コイルサイズのコンパクト化の主な原因は、光ファイバ体積にある。

【0021】分散補償光ファイバのコイルサイズは、ファイバ長が一定の場合はファイバ外径に依存する。そこで光ファイバの外径を細くすればコイルサイズのコンパクト化が達成される。すなわち、分散補償光ファイバのコイルサイズのコンパクト化を達成するためには、被覆層および/またはクラッド径を減少させれば良い。

【0022】光ファイバに被覆を施す目的は、(1)光ファイバガラス表面に傷が生じて強度が劣化するのを防止すること、(2)光ファイバに応力が加わり歪みによって伝送損失が劣化するのを防止することにある。

【0023】前者の目的に対しては、ファイバガラスに異物が接触するのを防ぐのに必要な厚みが求められる。この厚みは、後者の応力緩和の目的で塗布する被覆厚より薄くても効果を発揮するので、主に後者の目的で決まる被覆厚が必要な厚さとされる。

【0024】本発明の分散補償光ファイバでは、後者の目的に対し、被覆を多層構造、例えば2層構造とし、各々の層を構成する樹脂のヤング率を内層が低ヤング率で外層が高ヤング率とし、いわゆるシェル効果で外力がガラス層に伝搬するのを防ぐようにしている。この場合、それぞれの層のヤング率と寸法を、上で規定した範囲内で適切に選択することにより、良好な保護効果を得ることができる。

【0025】従来の分散補償光ファイバにおける被覆層は、一般に、紫外線で硬化するアクリル系樹脂で構成されており、その外径は $250\mu\text{m}$ である。しかしながら、これは光ファイバをケーブル化して、様々なフィールドにて使用することを前提に設定されている。

【0026】一方、本発明の分散補償光ファイバは、コイル状に加工して機器内で使用されるので、加えられる応力はケーブル化して使用する場合に比べてはるかに少ない。従って、被覆厚を従来より薄くすることが可能である。総体積の観点からは、ガラス部分についても体積を減少できれば、さらにコンパクト化を図れるので、以下、光ファイバのガラス部分の体積の減少について説明する。

【0027】分散補償光ファイバのモードフィールド径は、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯において、通常は約 $5\mu\text{m}$ である。一般に、クラッドの細径化による伝搬パワーへの影

器は、クラッド径がモードフィールド径の約10倍程度以上であれば、無視し得る。この程度までクラッド厚があれば、この分散補償光ファイバの特性は、通常、これ以上のクラッド径を有する光ファイバと同様である。

【0028】このようにクラッドも細径化すれば、被覆層の薄肉化に加えて、光ファイバの体積を更に減少させることが可能となり、パッケージの小型化が達成される。光ファイバの体積を減少するには、光ファイバを短尺にするのも有効である。これには、分散補償光ファイバの単位長当たりの分散量を大きくする屈折率構造に設計すれば良い。この場合にも、細径化されれば、よりコンパクトになるのは同様である。

【0029】また、本発明の分散補償光ファイバでは、偏波分散の増加は、以下の理由により抑えることが可能となる。分散補償光ファイバをコイル化したときの偏波分散(PMD)は、R.Ulrichら(Opt.Lett., Vol.5, pp273-275, 1985)によれば、下式で表される。

$$【0030】PMD=0.25 \times (1/C) \times n^3 \times (P_{11}-P_{12}) \times (1+\nu) \times (a/R)^2$$

ここで、

C : 真空中の光速

n : 石英の屈折率 (=1.444)

$P_{11}$  : 歪光学係数 ( $P_{11}-P_{12}=0.15$ )

$\nu$  : ボアソン比 (=0.17)

a : クラッド直径

R : 巻き直径

上記の式より、コイルに巻いたときの分散補償光ファイバの偏波分散は、ファイバ径の2乗に比例して増加することがわかる。そこで、光ファイバのクラッド径を小さくすることにより、小径のコイルに巻いたときの偏波分散の増加を防止することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について、詳細に説明する。図1は、本発明

の一実施例に係る分散補償光ファイバに使用されるコイル巻き用のリールを示すもので、リール10は、鋳11の外径が200mmφ、胴12の外径が60mmφ、鋳11の内幅が25mmである。このリール10に、後述する各種の分散補償光ファイバを7.5km長巻き付けて、巻き上がったコイル外径を計測し、コンパクト化の比較を行った。

【0032】実施例1

図2は、リール10にコイル巻きした各種の分散補償光ファイバ20の屈折率プロファイルを示すものであり、コア21の比屈折率差のうち、 $\Delta^+$  (アンドープのSiO<sub>2</sub>の屈折率に対するもの)を2.3%、コア21の外径を2.5μm、クラッド22の内部クラッド22Aの比屈折率差 $\Delta^-$  (アンドープのSiO<sub>2</sub>の屈折率に対するもの)を-0.45%、内部クラッド22Aの外径を6.3μmとし、外部クラッド22Bの外径を125μmとした。

【0033】図3は、分散補償光ファイバ20の被覆構造を示す断面図である。図3において、外部クラッド22Bの外周に、樹脂からなる被覆層23が設けられており、この被覆層23は内層24と外層25の2層構造となっている。内層24の樹脂のヤング率は0.2kgf/mm<sup>2</sup>であり、外層25の樹脂のヤング率は60kgf/mm<sup>2</sup>であり、いわゆるシェル効果で外力がガラス層に伝搬するのを防ぐ構造となっている。

【0034】このような被覆構造の被覆層の径を250μm、180μm、165μm、160μmと変化させて、4種類の分散補償光ファイバ20を作製し、図1に示すリール10にそれぞれ7.5kmを、張力25gで巻いて、コイル化した。このようにして得たコイルの巻き外径、伝送特性等の測定結果を下記表1に示す。

【0035】

【表1】

表1

被覆径 (μm)	クラッド 径 (μm)	被覆厚 (μm)	巻き外径 (mm)	損失 at1550nm (dB)	分散値 at1550nm (ps/nm)	PMD (ps)	強度 (GPa)
160	125	17.5	125	0.6	-104	0.45	2.5
165	125	20.0	130	0.5	-106	0.44	5.8
180	125	27.5	140	0.7	-105	0.45	5.9
250	125	62.5	190	0.5	-105	0.44	6.0

【0036】上記表1に示す測定結果から、空隙率はその場合もおおよそ0.6であり、被覆を薄くするほど小さなコイルに仕上がることが解る。また、被覆を薄くしても損失特性や分散特性などに大きな変化もない。これは、この構造の分散補償光ファイバは、被覆を薄くして

も特性の保護が十分になされ、細径によるコンパクト効果を引き出せることを示している。

【0037】しかし、引っ張り試験の結果から、光ファイバ強度は、被覆厚が20μm未満で急激に低下した。これは、被覆が薄過ぎるため、異物が被覆を突き破って

ガラス部に達してしまったためであり、被覆層23の被覆厚を薄くするには限界が存在することを示している。

#### 【0038】実施例2

分散補償光ファイバ20のコア21および内部クラッド22Aを実施例1と同一構造としたまま、外部クラッド22Bの外径を90 $\mu\text{m}$ とし、実施例1と同一被覆構造の被覆層23の被覆厚を、実施例1と同様に62.5から17.5 $\mu\text{m}$ まで変化させた4種類の分散補償光ファ

表2

被覆径 ( $\mu\text{m}$ )	クラッド 径 ( $\mu\text{m}$ )	被覆厚 ( $\mu\text{m}$ )	巻き外径 (mm)	損失 at1550nm (dB)	分散値 at1550nm (ps/nm)	PMD (ps)	強度 (GPa)
125	90	17.5	105	0.7	-104	0.25	2.3
130	90	20.0	110	0.6	-106	0.23	5.6
145	90	27.5	120	0.7	-105	0.22	5.3
215	90	62.5	160	0.6	-104	0.22	5.9

【0040】上記表2に示すように、伝送特性と強度は実施例1と同じ結果であった。この結果から、強度の面から2層構造の被覆層23の被覆厚は20 $\mu\text{m}$ が限度であることが分かった。

#### 【0041】実施例3

実施例1および実施例2の結果から、外部クラッド22Bの外径を90 $\mu\text{m}$ にすれば、125 $\mu\text{m}$ の場合に比べ、同じ被覆層23の被覆厚でも、コイルの巻き径を小さくできることがわかった。

【0042】そこで本実施例では、実施例1と同一構造

表3

被覆径 ( $\mu\text{m}$ )	クラッド 径 ( $\mu\text{m}$ )	コイル胴径 (mm)	被覆厚 ( $\mu\text{m}$ )	損失 1550nm (dB)	分散値 1550nm (ps/nm)	PMD (ps)
110	60	60	25	1.0	-106	0.16
110	60	100	25	0.8	-106	0.16
110	60	160	25	0.6	-106	0.16
120	70	60	25	0.9	-105	0.15
120	70	100	25	0.7	-105	0.15
120	70	160	25	0.6	-105	0.15
130	80	60	25	0.4	-106	0.16
130	80	100	25	0.4	-106	0.16
130	80	160	25	0.4	-106	0.16

【0044】上記表3に示すように、外部クラッド22Bの外径が小さくなると、損失値が劣化することが判明した。即ち、外部クラッド22Bの外径が80 $\mu\text{m}$ としたものはいずれも特性に差がなかったのに対して、外部クラッド22Bの外径が60 $\mu\text{m}$ および70 $\mu\text{m}$ のものは、リール10の胴径が160mmでも外部クラッド2

イバ20を作製した。これら分散補償光ファイバ20を図1に示すリール10にそれぞれ7.5kmの長さ、巻き張力25gで巻いてコイル化した。このようにして得たコイルの巻き外径、伝送特性等の測定結果を、下記表2に示す。

#### 【0039】

#### 【表2】

の分散補償光ファイバ20の被覆層23の被覆厚を25 $\mu\text{m}$ として、外部クラッド22Bの外径を60 $\mu\text{m}$ 、70 $\mu\text{m}$ 、80 $\mu\text{m}$ にし、かつリール10の胴径を60mm、100mm、160mmとした9種類の分散補償光ファイバ20を作製し、図1に示すリール10にそれぞれ7.5kmを張力25gで巻いて、コイル化した。このようにして得たコイルの伝送特性等の測定結果を、下記表3に示す。

#### 【0043】

#### 【表3】

2Bの外径が80 $\mu\text{m}$ の分散補償光ファイバより損失が大きくなっていくことがわかる。しかも、外部クラッド22Bの外径が60 $\mu\text{m}$ および70 $\mu\text{m}$ の場合に、リール10の胴径を細くすると、敏感に損失が増加していることもわかった。

【0045】これは、ガラス部があまり細くなると、ガ

ラス部自体の剛性が低下し、簡単にコアが歪んでしまうためと推量される。上記の結果から、外部クラッド22Bの外径は、80 $\mu\text{m}$ 以上であるのが望ましいことが判明した。

#### 【0046】実施例4

実施例1と同一構造の分散補償光ファイバ20の被覆層23の被覆外径を250 $\mu\text{m}$ として、外部クラッド22Bの外径を80 $\mu\text{m}$ 、90 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ 、110 $\mu\text{m}$ 、115 $\mu\text{m}$ 及び125 $\mu\text{m}$ と変化させた6種類の分散補償光ファイバ20を作製し、図1に示すリール10に、それぞれ7.5kmを巻き張力25gで巻いて、コイル化した。このようにして得た分散補償光ファイバコイルの伝送特性等の測定結果を表4に示す。

#### 【0047】

#### 【表4】

表4

被覆径 ( $\mu\text{m}$ )	クラッド 径 ( $\mu\text{m}$ )	被覆厚 ( $\mu\text{m}$ )	損失 at1550nm (dB)	分散値 at1550nm (ps/nm)	PMD (ps)
250	80	85	0.4	-106	0.16
250	90	80	0.5	-107	0.22
250	100	75	0.5	-104	0.27
250	110	70	0.4	-106	0.29
250	115	67.5	0.4	-105	0.38
250	125	67.5	0.5	-105	0.44

【0048】上記表4から、偏波分散は、外部クラッド

の外径が小さいほど低減されていることがわかる。特に、外部クラッドの外径が115 $\mu\text{m}$ では、外径が125 $\mu\text{m}$ の場合とほぼ同様の偏波分散となっている。このことから、偏波分散の低減効果は、外径が115 $\mu\text{m}$ 程度では十分に得られないことがわかる。

【0049】この理由は明確ではないが、クラッド層の減少により曲げ歪みの解消が不十分であると、偏波分散特性に及ぼす影響が小さいためと考えられる。従って、クラッドの外径は、偏波分散低減の観点からは110 $\mu\text{m}$ 以下が望ましい。

#### 【0050】実施例5

図4は、分散補償光ファイバ30の屈折率プロファイルを示す図で、コア31にはゲルマニウムが添加されて、比屈折率差が石英に対して+2.3%とされており、クラッド32にはフッ素が添加されて、比屈折率差が石英に対して-0.45%とされている。

【0051】コア31の外径を2.5 $\mu\text{m}$ とし、クラッド32の外径を80 $\mu\text{m}$ 、90 $\mu\text{m}$ 、110 $\mu\text{m}$ 及び125 $\mu\text{m}$ と変化させ、実施例1と同一被覆構造の被覆層23の被覆厚を実施例1と同様に62.5から17.5 $\mu\text{m}$ まで変化させた16種類の分散補償光ファイバ30を作製した。これら光ファイバ30を図1に示すリール10にそれぞれ7.5kmを巻き張力25gで巻いて、コイル化した。これらの分散補償光ファイバの伝送特性等の測定結果を、下記表5に示す。

#### 【0052】

#### 【表5】

表5

被覆径 ( $\mu\text{m}$ )	クラッド 径 ( $\mu\text{m}$ )	被覆厚 ( $\mu\text{m}$ )	損失 at1550nm (dB)	分散値 at1550nm (ps/nm)	PMD (ps)	強度 (GPa)
115	80	17.5	0.9	-85	0.18	2.6
120	80	20.0	0.6	-88	0.18	5.3
135	80	27.5	0.7	-86	0.17	5.5
205	80	62.5	0.6	-87	0.18	5.8
125	90	17.5	0.7	-84	0.25	2.3
130	90	20.0	0.6	-86	0.23	5.6
145	90	27.5	0.7	-85	0.22	5.3
215	90	62.5	0.6	-84	0.22	5.9
145	110	17.5	0.7	-89	0.35	2.6
150	110	20.0	0.7	-89	0.36	5.5
165	110	27.5	0.6	-88	0.34	5.8
235	110	62.5	0.5	-86	0.34	5.7
160	125	17.5	0.6	-84	0.45	2.5
165	125	20.0	0.5	-86	0.44	5.8
180	125	27.5	0.7	-85	0.45	5.9
250	125	62.5	0.5	-85	0.44	6.0

【0053】上記表5に示す測定結果により、本実施例に係る分散補償光ファイバ30の構造では、クラッド32の外径が80 $\mu\text{m}$ 以上で、被覆層23の被覆厚が20 $\mu\text{m}$ 以上あれば、伝送特性を損なうことなく、コンパクトな小径コイルに巻き付け可能となり、かつ偏波分散の低減がはかれることがわかる。

【0054】以上詳細に説明したように、本発明の分散補償光ファイバによれば、被覆層が、内層と、この内層より高いヤング率を有する外層とを含む、少なくとも2層の多層構造となっているので、従来の分散補償光ファイバの被覆層に比べて、被覆層を薄くすることができる。

【0055】また、クラッドの外径を細くすることにより、小径のコイルに巻いても偏波分散の低減を図ることが可能となり、かつ空間占有量の少ない、コンパクトな小径コイルの分散補償光ファイバを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の分散補償光ファイバの巻き取り用のリールの正面図。

【図2】本発明の分散補償光ファイバの屈折率プロフィールを示す説明図。

【図3】本発明の分散補償光ファイバの一実施の形態を示す断面図。

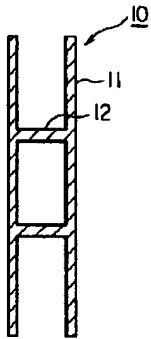
【図4】本発明の他の分散補償光ファイバの屈折率プロフィールを示す説明図。

【符号の説明】

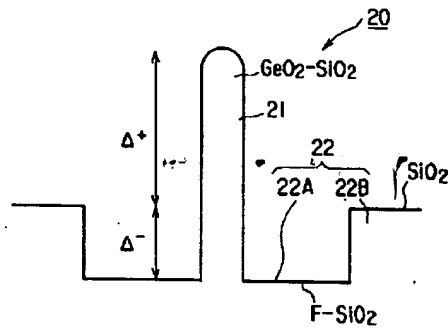
- 10…リール
- 20…分散補償光ファイバ
- 21…コア
- 22…クラッド
- 22A…内部クラッド
- 22B…外部クラッド
- 23…被覆層
- 24…内層
- 25…外層。



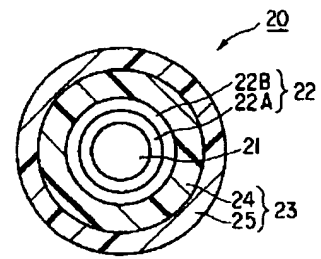
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

